



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

ULB

## Technik & Mensch: Medizintechnik

Lukas Kluy; Natalia Launert (Hrsg.)

(2020)

DOI (TUprints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014115>

Lizenz:



CC-BY-NC 4.0 International - Creative Commons, Attribution Non-commercial

Publikationstyp: Journal

Fachbereich: 16 Department of Mechanical Engineering

Quelle des Originals: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14115>

---

VDI

VDI BV FRANKFURT-DARMSTADT e. V.



MEDIZINTECHNIK

3 | 2020

Technik &amp; Mensch

## Kommentar

Liebe Mitglieder,

Gesundheit ist das Synonym für ein gutes Leben. Als zentrales Lebensziel hat sich der Trend tief in das Bewusstsein, die Kultur und das Selbstverständnis unserer Gesellschaft eingeschrieben und prägt sämtliche Lebensbereiche. Besonders deutlich wird dies durch die fortwährende Corona-Gefahr. Neue Verhaltensregeln und Gesundheitsbedrohungen haben unseren Tagesablauf seit dem Jahresbeginn massiv verändert. Gesundheit und Zufriedenheit sind in den aktuellen Debatten um medizinische und gesellschaftliche Maßnahmen kaum noch voneinander zu trennen. Mit selbstständig erworbenem Wissen treten Menschen dem Gesundheitssystem gegenüber und stellen neue Erwartungen an Politik, Unternehmen und Infrastrukturen: Wie viel Einschränkung ist zum Schutz der Gesundheit vertretbar, wann ist ein Impfstoff verfügbar?

Eine zentrale Rolle kommt hierbei der Medizintechnik zu: Beatmungsgeräte, Infrarotkameras zur Fieberkontrolle, automatisierte Probe-, Labor- und Analysegeräte oder tragbaren Atemschutzgeräte sind letztlich Produkte dieser Branche. Aber die Erwartungen an die Medizin steigen fortwährend. Modern soll sie sein, dem neuesten Stand der Technik entsprechen, individuell auf die einzelne Patientin, den einzelnen Patienten zugeschnitten sein. Es ist eine Errungenschaft unserer Zeit, dass die Menschen immer älter werden. Gleichwohl führt der demographische Wandel in Deutschland verstärkt zu chronischen Erkrankungen und zu neuen finanziellen Lasten. Künftig werden Medizinprodukte weitaus stärker als heute ihren Nutzen und ihre Effektivität belegen müssen. Die Gesellschaft fordert mehr Sicherheit, Nutzen und Effektivität im Gesundheitssystem.

Wir haben die aktuellen Diskussionen zum Anlass genommen, in dieser Ausgabe über Entwicklungen und Trends in der Medizintechnik zu sprechen. Neben der medizinisch-technischen Dimension sind ethische Fragen aber genauso wichtig. Beides greifen wir auf. Bleiben Sie Gesund.

**Lukas Kluy**  
Redaktion T&M

## Medizintechnik – eine gesunde Branche

Gesundheitsleistungen und damit auch medizintechnische Produkte stehen während der Corona-Pandemie besonders im Fokus der Öffentlichkeit. Aber auch in "normalen" Zeiten steigt in den Industrieländern aufgrund des demografischen Wandels und auch wegen immer neuer technischer Möglichkeiten, die in der Medizin zur Anwendung kommen, die Nachfrage nach innovativen Medizinprodukten. Digitalisierung ist ein Stichwort, dass auch in der Medizintechnik neue Möglichkeiten eröffnet, gleichzeitig aber auch neue Herausforderungen an die funktionale Sicherheit und den verantwortungsvollen Umgang mit Daten, insbesondere von Patientendaten, stellt.

Laut Branchenverband Spectaris betrug der Gesamtjahresumsatz Medizintechnikindustrie in Deutschland 2019 über 33 Milliarden Euro. Die deutsche Medizintechnikindustrie ist stark mittelständisch geprägt und durch ein hohes Maß an interdisziplinärer Zusammenarbeit gekennzeichnet: Ingenieure, Naturwissenschaftler und Ärzte arbeiten gemeinsam an neuen technischen Lösungen mit dem Ziel, treffsichere Diagnosen und schnellere, effektive Therapien sowie eine bestmögliche Rehabilitation zu ermöglichen. Die Entwicklung der Branche wird nicht allein von den Unternehmen gefördert, auch wissenschaftliche Einrichtungen im Gesundheitswesen und in den Ingenieur- und Naturwissenschaften tragen mit herausragenden Forschungsleistungen zu dieser positiven Entwicklung bei. Auch einschlägige Vereine und Verbände leisten einen Beitrag zur Leistungsfähigkeit von Personen und Unternehmen.

Im VDI unterstützt der Fachbereich Medizintechnik die ihm verbundenen Fachleute und Spezialisten. Ein Schwerpunkt sind die VDI-Richtlinien. Dabei geht es nicht darum, dem bereits stark regulierten Markt noch weitere Regeln hinzuzufügen. Mit VDI-Richtlinien



werden im Gegenteil technische Regeln erarbeitet, die den Arbeitsalltag von Ingenieuren erleichtern, Innovationen fördern und eine höhere Sicherheit bei der Entwicklung und Anwendung von Medizinprodukten schaffen. In den letzten Jahren bearbeitete Themen sind u. a. die Qualitätssicherung für Software in der Medizintechnik, das Risikomanagement der Aufbereitung von Medizinprodukten, die Definition und Abgrenzung von Biomaterialien, die Entwicklung von Prüfstrategien für Medizinprodukte, die Beschreibung und Messung der Wandlungsfähigkeit für produzierende Unternehmen in der Medizintechnik, die Instandhaltung und Bewirtschaftung der Medizintechnik sowie die Nachhaltigkeit im Bau und Betrieb von Krankenhäusern.

Als interdisziplinäre und neutrale Plattform bietet der VDI-Fachbereich Medizintechnik Interessierten aus Industrie, Forschung und Wissenschaft sowie Vertretern von Krankenkassen, Krankenhäusern und Politik die Chance zu fachübergreifendem Austausch und zum Aufbau persönlicher Netzwerke. Wir freuen uns über Interesse und Neugier!

**Dr. Andreas Hermann**  
Ansprechpartner  
Fachbereich Medizintechnik im VDI



## EDITORIAL

Medizintechnik – eine gesunde Branche.....1

## SCHWERPUNKTTHEMA

Dürfen wir – was wir können? .....	3
Resistenzen und fehlende Wirkstoffe gefährden Versorgung.....	5
Mehr Mobilität durch intelligenten Roboter-Rollstuhl.....	6
Nanostrukturierte Implantate fördern die Knocheneinheilung.....	7
Digitalisierung und Individualisierung.....	9

## BV MITTEILUNGEN

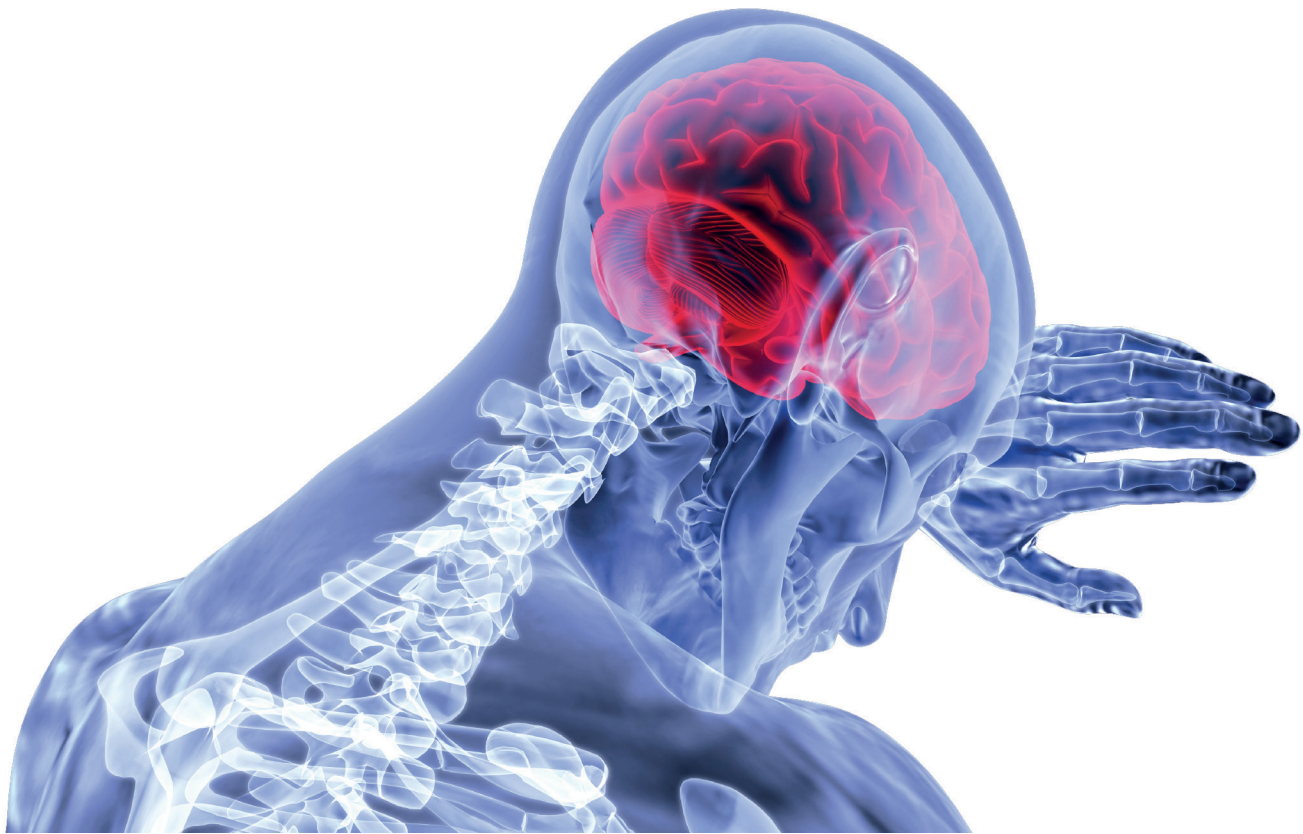
Junge Talente präsentieren ihre Ideen beim digitalen Schülerforum.....	11
Technik & Mensch: Die Fachzeitschrift des VDI Bezirksvereins Frankfurt-Darmstadt e.V.....	13
Pionier, Demokrat und Rekordhalter.....	14

Titelbild: Quelle: Pixabay  
 Bilder: Quelle: Pixabay ; S.10: Kevin Rupp | Frankfurt UAS  
 Alle nicht näher benannten Fotos stammen von den Beitragschreibenden



# Dürfen wir – was wir können?

*Zur ethischen Bewertung neuer Medizintechnologien*



## **Merkmale der Branche**

Mit einem Gesamtumsatz von mehr als 33 Mrd € ist die Medizintechnik für den Industriestandort Deutschland eine wichtige Säule. 2/3 dieses Umsatzes wird im Exportbereich erzielt, neben der EU sind Nordamerika sowie die asiatischen Länder wichtige Zielregionen. Motor der Branche ist vor allem der Mittelstand: Laut dem Branchenverband Spectaris sind in 93% der rund 1375 Betriebe weniger als 250 Mitarbeiter beschäftigt.

Derzeit steht neben den innovativen Medizintechnikprodukten wie z.B. dem 3D-Organdrucker, die Digitalisierung der Gesundheitsversorgung im Fokus (siehe etwa „Digitale Gesundheit 2025“). Das hier schlummernde Effizienzpotenzial wird, so die Erwartung der Gesundheitsökonom, zu einer

erheblichen Qualitätssteigerung in der Gesundheitsversorgung führen (McKinsey spricht von einer 34 Milliarden Dollar Chance).

## **Probleme der Branche**

Wie bei jedem technischen Produkt regulieren eine Vielzahl von Normen die Herstellung und den Vertrieb. Neben den technischen Normen (wie Funktionalität, Sicherheit und Nachhaltigkeit), gelten hier spezifische Normen, die durch das künftige Einsatzgebiet der Produkte bestimmt sind: Auf der individuellen Ebene handelt es sich beim kranken Menschen nicht um einen Konsumenten, der als souveräne Marktteilnehmer, frei und selbstbestimmt über den Gebrauch bzw. die Anwendung neuer innovativer Technologien entscheidet. Die Situation der Krankheit schränkt die Souveränität der „Kaufentscheidung“

insbesondere durch das begrenzte Wissen und die knappe Energie und Zeit ein. Auf der gesellschaftlichen Ebene soll durch das solidarische Finanzierungssystem die Versorgung aller Bürger in gleicher Weise gesichert werden. Da Gesundheit allgemein als hoher Wert eingeschätzt wird, wird die Gesundheitsversorgung in Deutschland nicht ausschließlich nach den Gesetzen des Marktes organisiert, sondern auf der Grundlage einer solidarischen Finanzierung entscheiden die Gremien der Gesetzlichen Krankenversicherung über das angebotene Versorgungsspektrum. Die genannten Rahmenbedingungen führen zu hohen Hürden bei der Produktzulassung. Hinter diesen durch das Gesundheitsversorgungssystem und die Politik aufgestellten Einschränkungen und Begrenzungen technischen und

unternehmerischen Handelns steht zum einen die Einsicht, dass das Gut Gesundheitsversorgung nicht wie andere Güter dem reinen Marktgeschehen überlassen werden darf. Zum anderen die Erfahrung, dass die durch den technischen Fortschritt eröffneten Handlungsoptionen vor Fragen stellen, die nicht nur die Branche sondern die Gesamtgesellschaft betreffen.

### **Ethische Fragen exemplarischer Technologien**

Die Entwicklung neuer medizinischer Technologien – wie Präimplantationsdiagnostik und Genetic engineering – führte in der Vergangenheit immer wieder zu Debatten über die moralische Akzeptanz dieser neu entstandenen Handlungsoptionen. Dabei haben die Debatten der Vergangenheit gezeigt, dass diese Fragen weder durch rein technische Regulierungen noch mit den Instrumenten der klassischen Medizinethik lösbar sind. Die Verpflichtung des Arztes dem Patienten keinen Schaden zuzufügen, die Selbstbestimmung und das Wohl der Patienten zu achten und die knappen Ressourcen gerecht zu verteilen, genügen nicht, um die neuen Technologien auf ihre moralische Zulässigkeit und gesellschaftliche Verantwortbarkeit hin zu prüfen. Gerade die mit der Gentechnologie verbundenen Möglichkeiten werfen nicht nur gesellschaftliche Fragen sondern auch Fragen nach dem menschlichen Selbstverständnis auf.

Mit der Zulassen der Präimplantationstechnik (PID) und der damit verbundenen Selektion von befruchteten Eizellen muss – gerade vor dem Hintergrund der deutschen Geschichte – die Frage nach den zulässigen Selektionskriterien geklärt werden: Welche Erbkrankheiten stellen eine so hohe Belastung für das künftige Leben dar, dass eine Vernichtung des Embryos gerechtfertigt werden kann? Welche Erbkrankheiten sind

zumutbar und sollten mit gesamtgesellschaftlicher Solidarität bewältigt werden?

Darüber hinaus wirft die Ausschaltung des Zufalls bei der genetischen Ausstattung eines Individuums (genetic engineering) Fragen nach dem Selbstverständnis des Menschen auf. Ist es mit dem Personsein des Individuums vereinbar, dass sich der Mensch als gemachtes Wesen begreift? Wie viel „Zufall“ gehört zur Individualität?

Ethische Konflikte sind auch dort zu bewältigen, wo die Technik der Transplantationsmedizin den Übergang von einer körperassoziierten zu einer körperimplementierten Technik vollzieht: Hier wird der Mensch nicht mit technischen Komponenten verbunden, vielmehr werden die technischen Instrumente zum Bestandteil seines Organismus. Vielfach werden etwa Neurotransplantationen als „Grenzüberschreitung“ wahrgenommen, da die hier möglichen Veränderungen die Persönlichkeit des Menschen betreffen. Unter dem Begriff „Gehirnschrittmacher“ wird die „Tiefen Hirnstimulation“ (THS) derzeit nicht nur bei Morbus Parkinson sondern auch in der Psychiatrie (Depressionen), bei speziellen Zwangserkrankungen, Schmerzsyndromen und Epilepsie eingesetzt. Im Rahmen der THS sendet ein kleiner Schrittmacher elektrische Signale an einen Gehirnbereich, der Bewegungen kontrolliert.

Diese Signale blockieren Meldungen, die unerwünschte, störende und behindernde motorische Symptome verursachen. Der Schrittmacher (Impulsgeber) wird im Brustraum unter die Haut eingesetzt. Sehr dünne Drähte, die Elektroden, verbinden den Schrittmacher mit dem Gehirn, damit die Signale den Ursprungsort der Symptome erreichen. Die Technologie überzeugt durch Behandlungserfolge,

löst aber auch Ängste aus: Eingriffe in das Gehirn gelten als besonders brisant, werden hier doch Veränderungen in Zentrum der Person (Selbstbewusstsein, Moralfähigkeit und Selbstbestimmung) vollzogen, die die Frage aufwerfen, wie der Einsatz dieser Technologie gesellschaftlich verantwortlich gestaltet werden kann.

Wie notwendig die Verständigung über die normativen Grundwerte ist, zeigt der Einsatz digitaler Technologien bei der Bekämpfung von Pandemien überdeutlich. Während im asiatischen Raum die Überwachung der Bevölkerung mit dem Ziel, Infektionsketten nachvollziehbar zu machen, hohe Akzeptanz findet, ist der Einsatz in Deutschland nicht ohne eine sorgfältige Diskussion unter Einbezug der geltenden Grundwerte möglich.

Die hier genannten ethischen Konflikte fordern für ihre Lösung einen gesamtgesellschaftlichen Ansatz: mit dem deutschen Ethikrat ist ein beratendes Instrument geschaffen worden, das hier maßgebliche Impulse zu geben vermag. Die notwendigen Klärungsprozesse mögen als schwerfällig und innovationshemmend erfahren werden. Wie wichtig diese Verständigungsprozesse für die Qualität der Produkte und das Vertrauen in die deutsche Medizintechnik ist, macht der globale Erfolg dieser Branche eindrucksvoll deutlich.

**Apl. Prof. Dr. phil. Elisabeth  
Weisser-Lohmann**  
Philosophin

# Resistenzen und fehlende Wirkstoffe gefährden Versorgung

Nicht erst die COVID-19-Pandemie erinnert daran, wie groß die Gefahr durch Infektionskrankheiten ist. Schon seit längerem wirken viele Antibiotika nicht mehr, Bakterien entwickeln zunehmend Resistenzen. Zudem ist die Zahl der neuzugelassenen Präparate stark gesunken. Die Folgen sind dramatisch. Jedes Jahr sterben in der EU geschätzt 33.000 Menschen an Infektionen mit resistenten Keimen. Weltweit liegt die Zahl der jährlichen Todesfälle bei etwa 500.000. Was jetzt konkret getan werden muss, zeigt die neue VDI-Publikation *Lebensretter Antibiotika*.

„Um mit der Zunahme von Resistenzen Schritt halten zu können, brauchen wir dringend neue Wirkstoffe“, sagt Prof. Dr. Jürgen Hemberger, Vorsitzender des VDI-Fachbeirats Biotechnologie und einer der Autoren der Publikation. „Doch deren Entwicklung ist für die pharmazeutische Industrie aufwendig, kostspielig und nicht so lukrativ wie etwa die Entwicklung von Krebsmedikamenten.“

Tatsächlich hat die Zahl der Neuzulassungen in den letzten Jahrzehnten stark abgenommen und viele Pharmaunternehmen sind in den letzten Jahren ganz aus der Antibiotikaforschung ausgestiegen. Dies hat verschiedene Ursachen. Ein Grund ist die mangelnde wirtschaftliche Attraktivität: Verglichen mit den hohen Entwicklungskosten sind die Aussichten für die Refinanzierung gering, da neue, gegen multi-resistente Keime wirkende Antibiotika – richtigerweise, um schneller Resistenzbildung vorzubeugen – als sogenannte Reserve-Antibiotika möglichst selten eingesetzt werden sollen.

Ein sehr großer Teil der Produktion von Antibiotikawirkstoffen findet in Indien und China statt. Nicht zuletzt aufgrund der großen Produktionsvolumina und der niedrigeren Lohnkosten sind die Herstellungskosten dort weit geringer

als in Europa. Prof. Hemberger: „Es ist allerdings in der jüngeren Vergangenheit – und zwar schon vor der aktuellen Corona-Krise – wiederholt zu Lieferengpässen aus diesen Ländern gekommen. Daher halten wir im VDI es hinsichtlich der Versorgungssicherheit für absolut wünschenswert, wenn die Produzenten zumindest einen Teil der Herstellung, vor allem von besonders wichtigen Ausgangsstoffen, nach Europa zurückverlagern. Dafür sollten aber auch vernünftige Anreize seitens der Politik geschaffen werden.“

## Einsatz von Antibiotika reduzieren

Durch den unsachgemäßen Einsatz von Antibiotika – beispielsweise bei nicht bakteriellen Infektionen – können sich Antibiotikaresistenzen vermehrt entwickeln und ausbreiten. Über 90 Prozent der Atemwegsinfekte wie Erkältung, akute Bronchitis oder akute Sinusitis sind viraler Natur. Eine antibiotische Behandlung ist in diesen Fällen nicht wirksam, oftmals mit unangenehmen Nebenwirkungen verbunden und bringt zusätzlich die Gefahr der Resistenzausbreitung mit sich. „Der Einsatz von Antibiotika muss daher sowohl in der Humanmedizin als auch in der Veterinärmedizin auf das medizinisch notwendige Maß reduziert werden“, ist sich Hemberger sicher. „Neben einer besseren Aufklärung der Öffentlichkeit sprechen wir uns im VDI für die Entwicklung von Diagnosetests aus, die eine schnelle Unterscheidung zwischen viralen und bakteriellen Infektionen – möglichst direkt in der

Arztpraxis – erlauben und unnötige Antibiotikagaben verhindern.“

## Ausbreitung von Resistenzen verhindern

Resistente Bakterien und Wirkstoffe gelangen vor allem über das Abwasser kommunaler Kläranlagen sowie über Gülle und Gärreste aus Biogasanlagen in die Umwelt. Ein großes Problem: Denn resistente Keime können sich in der Umwelt vermehren und ihre Resistenzgene auf andere, und für den Menschen gefährliche Krankheitserreger, übertragen. Speziell an den genannten Hotspots müssen geeignete Behandlungsmethoden die Ausbreitung von Resistenzen reduzieren. Die Autoren plädieren dafür, dass vor allem die technische Entwicklung von effizienten Verfahren zur Entfernung von Antibiotika in Kläranlagen, Ställen und bei Biogasanlagen stärker gefördert wird. Außerdem solle bereits bei der Entwicklung neuer Antibiotika auch deren Abbau in der Umwelt mitgedacht werden. Denn je schneller sich ein Wirkstoff in der Umwelt abbaut, desto geringer ist sein Beitrag zur Verbreitung von Resistenzen.

Die vollständige VDI-Publikation „Lebensretter Antibiotika“ steht kostenfrei zum Download bereit unter <https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen>

**Dr. Martin Follmann**  
VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (TLS)



# Mehr Mobilität durch intelligenten Roboter-Rollstuhl

Selbstständig Treppen überwinden oder in Busse und Bahnen einsteigen – für Menschen, die auf einen Rollstuhl angewiesen sind, ist das bislang oft unmöglich. Ein Gründungsprojekt an der TU Darmstadt will dies ändern. Die Hessische Digitalministerin Professorin Kristina Sinemus hat an der TU einen Förderbescheid über 800.000 Euro für das Projekt „DIMO“ übergeben, das einen Funktionsdemonstrator für den „Walkerchair“ entwickeln wird: einen elektrisch angetriebenen Roboter-Rollstuhl mit Künstlicher Intelligenz.

Das Projekt „DIMO“ (Digitale Technologien für intelligente Barrieren überwindende Mobilität zur besseren Teilhabe an der Gesellschaft) wird vom Land im Rahmen des Programms „Distr@l“ (Digitalisierung stärken – Transfer leben) gefördert und ist auf zwei Jahre Laufzeit angelegt. Angesiedelt ist es am Fachbereich Informatik im von Professor Oskar von Stryk geleiteten Fachgebiet für Simulation, Systemoptimierung und Robotik der TU. Ein fünfköpfiges interdisziplinäres Kernteam befasst sich dort seit 2017 mit der Idee einer intelligenten Fortbewegungshilfe und beabsichtigt dafür das Unternehmen „Freemotion Systems“ zu gründen.

## Entwicklung eines Funktionsdemonstrators

Das Team wird im Projekt „DIMO“ einen vollständigen Funktionsdemonstrator entwickeln. Der „Walkerchair“ ist eine intelligente Mobilitätshilfe für Rollstuhlfahrende, die es erstmals ermöglichen soll, nahezu alle Barrieren des Alltags selbstständig und sicher zu überwinden. Einfach gesagt, beruht der Walkerchair auf dem Konzept eines teilautonomen, elektrisch angetriebenen Roboter-Rollstuhls mit Künstlicher Intelligenz (KI).

Während auf ebenen Flächen ein Radantrieb zur Fortbewegung eingesetzt wird, kommen zur Überwindung von Barrieren spezifisch entwickelte, elektrisch angetriebene Beine zum Einsatz. Eine innovative KI-Steuerung erfasst und analysiert mittels Sensoren automatisch die Umgebung sowie Hindernisse und übernimmt die anspruchsvolle Planung und Steuerung der Beinbewegungen.



Dabei wird beim Überwinden von Barrieren stets ein sicherer Stand gewährleistet. Die KI des Walkerchairs soll über eine intuitive und transparente Bedienschnittstelle gesteuert werden.

„Das Projekt ‚DIMO‘ mit der Entwicklung des ‚Walkerchairs‘ ist ein hervorragendes Beispiel für ein gelungenes Transferprojekt aus der Forschung an der TU Darmstadt in die Gesellschaft. Mit der Robotik in Verbindung mit Künstlicher Intelligenz kommen Technologien aus zentralen Forschungsfeldern der TU Darmstadt in der Praxis zum Einsatz – mit dem Potenzial, sehr vielen Menschen mit körperlichen Einschränkungen zu

helfen, den Alltag besser zu bewältigen und Eigenständigkeit zurück zu gewinnen“, so Professor Jens Schneider, TU-Vizepräsident für Transfer und Internationalisierung. „Wir freuen uns, dass das Hessische Digitalministerium dieses Potenzial ebenfalls sieht und das Projekt substanziell finanziell fördert. Dies ist zugleich eine Anerkennung der starken Forschungs- und Transferaktivitäten der TU Darmstadt in diesen sehr wichtigen Innovationsbereichen der Zukunft.“

Das Projekt hat große gesellschaftliche Bedeutung, weil neben der großen technischen Herausforderung der Mensch im Mittelpunkt steht.

Die neue Technologie dient dem Menschen und ist nachhaltig. Sie kann Menschen, die auf einen Rollstuhl angewiesen sind, zu mehr selbstbestimmter Mobilität verhelfen. Nebeneffekt: Sie kann auch wirtschaftliche Vorteile generieren, etwa für Sozialversicherungsträger, aber auch für die Nutzenden selbst. Wo der „Walkerchair“ künftig

zum Einsatz kommen kann, entfallen möglicherweise Erwerbsminderungsrenten, Umbauten von Immobilien oder Einbauten von Treppenliften, Umzüge in barrierefreie Wohnungen oder Kosten für Assistenz- und Fahrdienstleistungen. Die dem „Walkerchair“ zugrundeliegenden Technologien besitzen zudem auch für sekundäre Märkte hohes Innovationspotential. Denkbar ist ein Einsatz in der letzten Meile in der Logistik für die autonome Zustellung schwerer Pakete oder als flexible Mobilitätshilfe in Gebäuden mit geringer Barrierefreiheit.

**Silke Paradowski**  
TU Darmstadt



# Nanostrukturierte Implantate fördern die Knocheneinheilung

**Das Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) der TU Darmstadt erforscht ein neues Verfahren zur Produktion nanostrukturierter Implantatwerkstoffe. Die Nanostruktur verbessert die Biokompatibilität gegenüber herkömmlichen Implantaten, womit die Gesundheit und Lebensqualität von Patienten gesteigert wird. In dem interdisziplinären Projektteam arbeiten Forschende aus Medizin, Materialwissenschaften und Maschinenbau zusammen.**



Die alternde Gesellschaft ist eine Herausforderung für die Produktionsprozesse in der Medizintechnik. Eine zunehmende Anzahl von Menschen ist auf Implantate angewiesen. Die Produktion medizinischer Güter rückt zunehmend in den Fokus der Medizintechnikforschung, um zum einen die große Nachfrage nach Implantaten zu befriedigen und zum anderen neue Funktionalitäten durch innovative Produktionsprozesse zu erschließen [1].

## **Die Herausforderungen bei konventionellen Dentalimplantaten**

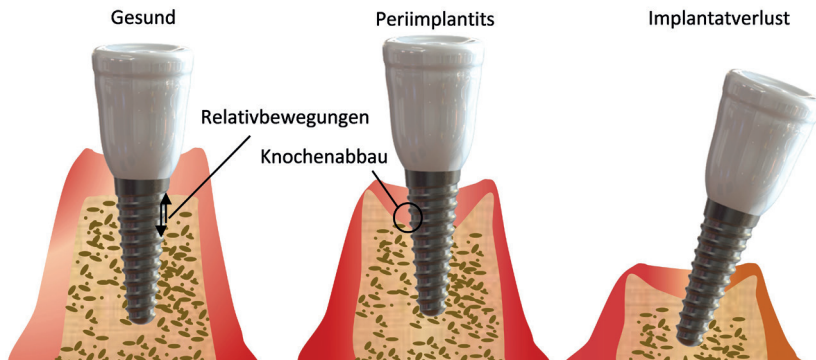
Allein in Deutschland werden pro Jahr rund 1 Mio. Dentalimplantate mit einem Marktvolumen von 3 Mrd. Euro eingesetzt [2]. Mit den konventionellen Implantatsystemen gehen bisher ungelöste Probleme einher, die insbesondere den Knochenrückgang, Implantatbrüche und Schraubenlockerungen betreffen. Innerhalb der ersten zehn Jahre kommt es bei 8 % der mit

Implantaten versorgten Personen zum Implantatverlust [3]. Die Therapie und Folgeoperation bedeuten nicht nur eine gravierende Beeinträchtigung der Lebensqualität, sondern belastet auch das Gesundheitssystem. Die aktuellen Dentalimplantatsysteme bestehen aufgrund hoher Anforderungen an Korrosionsbeständigkeit, Wechselfestigkeit und Biokompatibilität hauptsächlich aus Titanwerkstoffen. Um die mechanischen Anforderungen wie eine hohe Festigkeit zu erfüllen, werden die Legierungselemente Aluminium und Vanadium (Ti-6Al-4V) verwendet. Diese Legierungselemente sind jedoch für die Anwendung in der Medizin aufgrund toxischer Unverträglichkeiten kritisch.

Die Titanlegierungen bilden eine schützende Oxidschicht, welche die kritischen Legierungselemente vom menschlichen Körper trennt. Durch Entzündungsreaktionen oder Reibung

kann die Oxidschicht allerdings beschädigt werden, sodass Metallionen austreten und in den Blutkreislauf gelangen können. Insbesondere Aluminium steht aktuell im Verdacht, das Risiko für Alzheimer und Brustkrebs zu erhöhen [4].

Außerdem ist der Einsatz dieser Legierungen für Implantate wegen der vergleichsweise hohen Steifigkeit gegenüber dem menschlichen Knochen problematisch. Ist das Implantat wesentlich steifer als der Knochen, wird das um das Implantat liegende Knochengewebe entlastet (Abb. 1). Ohne die benötigten Spannungen baut sich der Knochen ab und das Implantat lockert sich. Durch die dann nur noch lokale Anbindung entstehen Relativbewegungen zwischen Implantat und Knochengewebe, welche die Knocheneinheilung (Osseointegration) verlangsamen. Im weiteren Verlauf entzündeten sich die frei



**Abb.1: Periimplantitis bei Dentalimplantaten, die durch Relativbewegungen bei Belastung und Knochenabbau bis zum Implantatverlust führen kann.**

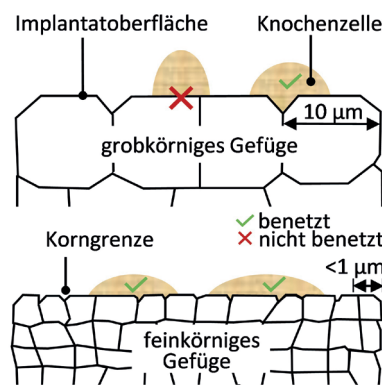
liegenden Zahnfleischtaschen und das Implantatbett (Periimplantitis). Dieses Krankheitsbild ist eine der Hauptursachen für den Verlust von Implantaten [5].

Die Implantatoberfläche ist als Bindeglied zwischen dem menschlichen Knochen und dem Implantat ein zentrales Mittel zur Prävention von Periimplantitis und Implantatverlusten. Zur Optimierung der Knocheneinheilung fokussieren sich aktuelle Forschungs- und Entwicklungsprojekte auf Materialeigenschaften mit einer ähnlichen Steifigkeit zum Knochen sowie einer bioaktivierenden Oberfläche [6] [7].

### Bioaktivierende Implantatoberflächen stimulieren die Knocheneinheilung

Die Implantatoberfläche beeinflusst maßgeblich die Verankerung des Implantats im umliegenden Gewebe sowie dessen Verträglichkeit/Biokompatibilität. Damit hängen der Erfolg und die Geschwindigkeit der Osseointegration von den Oberflächeneigenschaften des Implantates ab. Mithilfe einer feinkörnigen Implantatoberfläche können die biologischen Reaktionen zwischen Implantat und Knochenzellen optimiert und damit eine frühzeitige funktionelle Belastbarkeit der Implantate erreicht werden. Dies ermöglicht auch den Einsatz neuer Titanlegierungen ohne kritische Elemente wie Ti-15Mo und Ti-13Nb-13Zr [8].

Die biologischen Reaktionen an der Grenzfläche zwischen Implantat und Gewebe sind in Abb.2 dargestellt.



**Abb.2: Verlangsamte Knocheneinheilung bei einer grobkörnigen Implantatoberfläche und beschleunigte Knocheneinheilung bei einem feinkörnigen Gefüge.**

Bei einer herkömmlichen, grobkörnigen Oberfläche stehen nur wenige Korngrenzen zur Verfügung, an denen die Knochenzellen anwachsen können. Als Folge verlangsamt sich die Knocheneinheilung und das Risiko der Periimplantitis steigt. Die nanostrukturierten Oberflächen mit einer Korngröße unter 1 µm regen hingegen Wechselwirkungen zwischen dem Implantat und den umliegenden Körperzellen an. Es stehen mehr Korngrenzen zum Anwachsen der Knochenzellen zur Verfügung. Dadurch haften die Knochenzellen besser am Implantat und können dieses benetzen, was zu einer verbesserten Knocheneinheilung führt. Ein struktureller Verbund zwischen der Oberfläche des Implantats und des Knochenmaterials entsteht [9]. Der strukturelle Verbund verbessert die Lastübertragung zwischen Implantat und Knochen. Die feinkörnigen Oberflächen sind damit

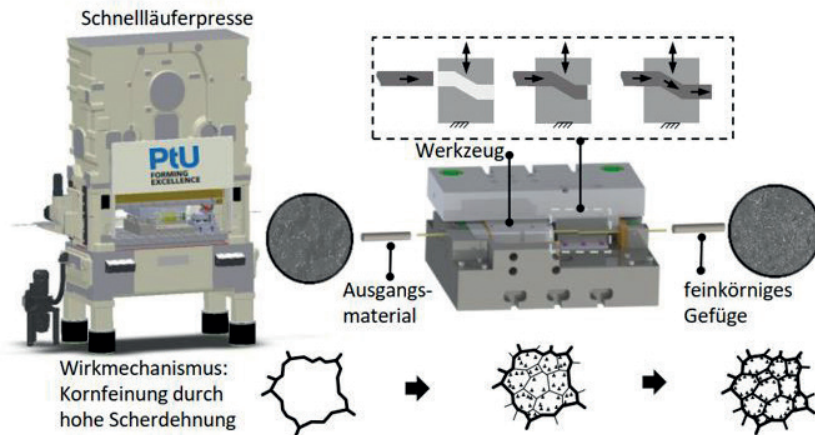
die entscheidende Grundlage für eine mittel- und langfristig tragfähige Implantatverankerung und zur Prävention von Periimplantitis.

Die Herstellung dieser feinkörnigen Strukturen stellt allerdings eine große Herausforderung an die Produktionsverfahren dar.

### Die Produktion nanostrukturierter Implantatwerkstoffe

Ein vom PtU in Darmstadt entwickelter Prozess zur Produktion feinkörniger Werkstoffe ist das Equal-Channel-Angular-Swaging (ECAS). Der Fokus aktueller Forschungsarbeiten liegt auf der Entwicklung einer neuen Prozesskette, in der aus grobkörnigem Ausgangsmaterial über Kornfeinung der feinkörnige Implantatwerkstoff kontinuierlich und somit wirtschaftlich hergestellt wird. Ziel ist die Anpassung und Weiterentwicklung der Prozesskette zur Herstellung von nanostrukturierten Titanlegierungen für Dentalimplantate. Das Verfahren ermöglicht eine inkrementelle Scherung des Materials durch oszillierende Werkzeuge mit geformten Backen bei einem kontinuierlichen Vorschub. Abb.3 zeigt die Implementierung des ECAS Prozesses auf einer Schnellläufpresse und den Mechanismus zur Herstellung des feinen Gefüges.

Eine Titan-Rundstange wird zunächst durch eine Vorschubeinheit in axialer Richtung für einen kontinuierlichen Materialfluss vorgeschoben. Die Titanstange hat im Ausgangszustand ein grobkörniges Gefüge. In dem Werkzeug befinden sich ein Ober- und ein Untergesenk. Die Gesenke weisen einen abgewinkelten Kanal auf, durch den die Titan-Rundstange geschoben wird. Das Werkzeug öffnet und schließt sich oszillierend, sodass das Material inkrementell umgeformt wird. Durch die Scherung des Materials im Kanal entsteht das feinkörnige Gefüge mittels Kornfeinung. Die hohen Scherdehnungen brechen die Struktur aus Körnern und Korngrenzen auf. Es entstehen neue Korngrenzen. Die neuen Korngrenzen behindern zusätzlich zu den bereits existierenden



**Abb.3: Der Equal-Channel-Angular-Swaging Prozess wird auf einer Schnellläuferpresse zur Produktion feinkörniger Implantatwerkstoffe qualifiziert.**

Korngrenzen die Versetzungsbewegungen. Durch eine dynamische Rekristallisation konzentrieren sich die Versetzungen an den bereits existierenden Korngrenzen. Versetzungsarme Zonen entstehen, die zu einer nur geringen Abnahme der Duktilität des Materials bei dennoch hoher Verfestigung führen – eine herausragende Eigenschaft für die Verwendung des Materials als Implantatwerkstoff.

Aktuell werden das Umformverhalten von Titan sowie die Korrelation von Prozess- und Werkstoffgrößen erforscht. Die Steifigkeit des Materials wird durch eine nachgelagerte Wärmebehandlung am Institut für Werkstoffe der TU Braunschweig (IfW) an die Steifigkeit des Kieferknochens angepasst. Dies gewährleistet eine optimale Lastübertragung zwischen dem Implantat und dem Knochen, sodass ein Knochenrückgang aufgrund von Unterbelastung des Gewebes verhindert und dem Implantatverlust vorgebeugt wird.

Neben dem Material ist das Design und die Fertigbearbeitung des Implantats für die Lastübertragung von entscheidender Bedeutung. Das junge Medizintechnik-Startup ADVANTIQX [10] und die Firma Schweizer Feinwerktechnik [11] arbeiten an der Veredelung der nanostrukturierten Materialien zu einem innovativen Dentalimplantat.

## Danksagung

Das Projekt IdentiTI wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der KMU-Innovationsoffensive Materialforschung für Gesundheit und Lebensqualität gefördert. Zusätzlich gilt der Dank an die Projektpartner ADVANTIQX, Institut für Werkstoffe der TU Braunschweig und Schweizer Feinwerktechnik GmbH.

**M.Sc. Lukas Kluy**  
**Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirtsch.-Ing.**  
**Peter Groche**  
 Institut für Produktionstechnik und  
 Umformmaschinen (PtU)  
 Technische Universität Darmstadt

## Literatur

- [1] Ochs J.; Berger M.; Harmisch E. et al. (2019): Trendreport über die Produktionsstrategien für die Medizintechnik von morgen. Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT Aachen.
- [2] GKV Spitzenverband (2019): Amtliche Statistik KM 1. Bund der Krankenkassen, Körperschaft des öffentlichen Rechts Berlin.
- [3] Derks J.; Hakanasson J.; Wennström J.L. et al. (2016): Effectiveness of Implant Therapy Analyzed in a Swedish Population. Prevalence of Periimplantitis. Journal of dental research
- [4] Klotz K.; Weistenhöfer W.; Neff F. et al. (2017): The health effects of aluminum exposure. Ärzteblatt International (114).
- [5] Geetha M.; Singh A.K.; Asokamani R. et al. (2009): Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopaedic implants. Progress in Materials Science (54).
- [6] Maullaun, M. (2018): Auf die Oberfläche kommt es an. Parantologie und Implantologie, Deutscher Ärzteverlag Köln (5/2018).
- [7] Brunke, F. (2019): Ti 15Mo und Ti 13Nb 13Zr: Qualifizierung von Titanlegierungen der zweiten Generation für den Einsatz in der Medizintechnik. Dissertation. Institut für Werkstoffkunde TU Braunschweig.
- [8] Siemers, C.; Fürbeth, W. (2018): Qualifizierung der metastabilen  $\beta$ -Titanlegierung Ti13Nb13Zr für den Einsatz als Implantatwerkstoff durch das Einstellen gradiert mechanischer Eigenschaften und partieller Oberflächenmodifikationen. DECHEMA-Forschungsinstitut.
- [9] Kim T.N.; Balakrishnan A. und Lee A. (2007): In vitro biocompatibility of equal channel angular processed (ECAP) titanium. Biomedical Materials (2).
- [10] ADVANTIQX (Augsburg): Eine neue Vision für die Implantologie, [www.advantix.com](http://www.advantix.com)
- [11] Schweizer Feinwerktechnik GmbH (Bad Boll), [www.schweizer-feinwerktechnik.de](http://www.schweizer-feinwerktechnik.de)

# Digitalisierung und Individualisierung

## Das Forschungslabor Personalized Biomedical Engineering (PBE) an der Frankfurt UAS

Die Personalisierung von Produkten und Verfahren verspricht in der medizinischen Diagnostik und Therapie große Vorteile gegenüber der bisherigen Praxis: bisher werden zumeist statistisch gewonnene Kriterien und Parameter

gleichermaßen auf alle Patientinnen und Patienten angewandt. Bei vielen Krankheiten sind jedoch die individuell variierenden Patientendaten, wie z.B. die mechanischen Gewbeeigenschaften, relevant für Erkennen, Verständnis und

Behandlung. Produkte, die im Gebrauch mechanische Belastungen auf Körperregionen ausüben, lassen sich durch individuelle Anpassung funktionaler und komfortabler gestalten. Dies betrifft sowohl Produkte aus dem Bereich



Medizintechnik, wie z. B. individualisierte Endoprothesen für den Einsatz bei Knorpelschäden, als auch Alltagsprodukte, wie Schuhe, Möbel oder angepasste Gesichtsmasken.

Das Forschungslabor Personalized Biomedical Engineering (PBE) wurde Anfang 2018 als Forschungseinrichtung der Frankfurt University of Applied Sciences (Frankfurt UAS) gegründet. Angewandte Wissenschaft, hohe Internationalität und gelebte Vielfalt zeichnen die Frankfurt UAS mit insgesamt über 15.000 Studierenden, knapp 250 Professorinnen und Professoren und rund 850 Mitarbeitenden aus. Vier Großfachbereiche bieten ein vielseitiges und anwendungsorientiertes Studienangebot mit interdisziplinärer Ausrichtung in Technik, Wirtschaft und Recht und Soziales.

Das Forschungslabor PBE gliedert sich in den Fachbereich Informatik und Ingenieurwissenschaften ein und führt die Expertise von Ingenieur- und Naturwissenschaften zusammen. Ziel der Forschungsarbeiten ist es, die gesamte Prozesskette der Entwicklung und Optimierung personalisierter Diagnoseverfahren und Produkte abzubilden. Das beginnt bei der Analyse und Beschreibung von Patientinnen und Patienten in der Nutzungsumgebung. Wichtig ist es uns, den Nutzenden in die Produktentwicklung mit einzubinden. Zum Erfassen der Interaktion von Gewebe- und Knochenstrukturen mit dem Produkt werden Daten mit unterschiedlichsten Methoden (medizinische Bildgebung, Sensorik) erfasst. Die Erfassung der individuellen mechanischen Gewebeeigenschaften bildet einen wichtigen Teil der Datenerfassung, der – gerade bei Messungen am Menschen – häufig kreative Lösungen erfordert. Dabei bilden die im Rahmen des ehemaligen LOEWE-Schwerpunkts „Präventive Biomechanik“ gewonnenen Erkenntnisse, etwa zur individuellen Endoprothetik des Kniegelenks, wertvolle Grundlagen. Auf Basis der Modellbildung und Berechnung wird die Konstruktion von Produkten auf die Vitalfunktionen von Patientinnen und Patienten abgestimmt, gefertigt und erprobt. Um die komplexen

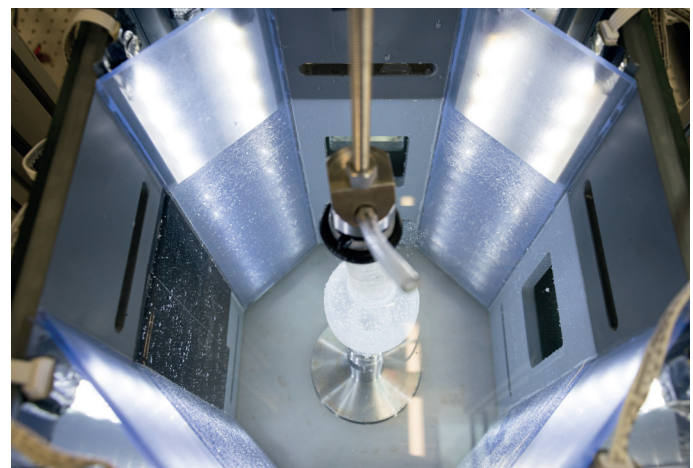
Anforderungen der Entwicklung und Fertigung von individualisierten Produkten zu bewältigen, werden dafür Instrumente der virtuellen Produktentwicklung und -entstehung eingesetzt (Generatives Design, Topologieoptimierung, Additive Fertigung). Letztlich sind auch aus der Anwendung des Produkts Erkenntnisse für die individuelle Anpassung an den Patienten und spätere Entwicklungen zu gewinnen.

Derzeit werden mit unterschiedlichen Anwendungspartnern aus Industrie, Klinik und Forschung eine Reihe von Projekten bearbeitet, im Folgenden werden zwei Projektbeispiele dargestellt.

In einem Kooperationsprojekt des PBE mit der orthopädischen Universitätsklinik Friedrichsheim werden ingenieurwissenschaftliche Verfahren mit medizinischer Datenerfassung und Analyse kombiniert, um neue Informationen über die Belastung des Bewegungsapparates (Gelenke, Sehnen und Muskeln) zu gewinnen. Dabei werden die individuellen Lasten (Kräfte und Momente in Gelenken) während verschiedener Bewegungsabläufe mit der instrumentierten Ganganalyse und „inversen Dynamik“ ermittelt. Mit dieser Methode kann jedoch nur die globale resultierende Belastung eines Gelenks erfasst werden, nicht die räumlich differenzierte Lastverteilung innerhalb eines Gelenks, z.B. die ungleichförmige Belastung des Gelenkknorpels oder die Überlastung von Sehnen und Bändern, die zum Riss führen kann. Die Kopplung der Bewegungsanalyse mit anatomisch individuellen Finite Elemente Modellen erlaubt die Berechnung und Analyse dieser räumlich differenzierten Lastverteilung. Mit diesen hochgradig individualisierten Modellen ist es möglich, die Spannungs- und Verformungsverteilung beispielsweise im Gelenkknorpel zu berechnen. Derartige Informationen können in Zukunft genutzt werden, um eine chirurgische Intervention passgenau zu planen oder die Dauer der Rekonvaleszenzphase nach Verletzungen bei Sportlern besser zu bestimmen.

Im Forschungsprojekt „easy\_going@home“ arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des PBE und des Fachbereichs „Soziale Arbeit & Gesundheit“ der Frankfurt UAS gemeinsam mit Industriepartnern an der Entwicklung einer Lösung zur eigenständigen mobilen parenteralen Ernährung, also einer Ernährung, die am Verdauungstrakt vorbei geleitet und direkt über einen Port injiziert wird, in der häuslichen Palliativversorgung. Das Projekt wird durch die HAW Hessen, Förderprogramm „Forschung für die Praxis“, gefördert und gliedert sich in das Leitbild „ambulant vor stationär“ zum Erhalt der Mobilität im Sinne der Patientenautonomie ein. Eine parenterale Ernährung in der häuslichen Pflege wird zurzeit nachts durchgeführt, was den wichtigen erholsamen Schlaf von Patientinnen und Patienten maßgeblich beeinträchtigen kann. Tagsüber ist ein Abkoppeln des Systems mit einem hohen Infektionsrisiko für den Patienten verbunden. Ziel für weitere Forschungsprojekte ist es, in dem interdisziplinären Themenfeld „easy\_going@home“ weitere technische Entwicklungen zu etablieren, die dazu führen, die Bedürfnisse an Autonomie von Menschen in der letzten Lebensphase besser zu berücksichtigen.

**Prof. Dr. Diana Völz**  
**Dr. Christopher Blase**  
**Prof. Dr.-Ing. Armin Huß**  
 Frankfurt University of Applied Sciences



**Versuchsstand zur Bestimmung der mechanischen Gewebeeigenschaften (von Blutgefäßen)**



# Junge Talente präsentieren ihre Ideen beim digitalen Schülerforum

**Der VDI Verein Deutscher Ingenieure, Bezirksverein Frankfurt-Darmstadt, veranstaltete das Schülerforum zum 17. Mal. Doch dieses Jahr war alles anders: Durch die Corona-Pandemie konnte die Veranstaltung nicht wie sonst in der Frankfurt University of Applied Sciences veranstaltet werden, sondern voll digital.**

Rund 30 Schülerinnen und Schüler präsentierten ihre Projekte in einer vorgegebenen Zeit via Video einer Jury, allein oder im Team. Mit dabei waren wie in den letzten Jahren auch Teams aus Birmingham und aus der usbekischen Stadt Taschkent. Neben der Präsentation mussten ein schriftliches Referat und ein Poster eingereicht werden.

Den ersten Platz in der Jahrgangsstufe Klasse 8-10 gewann die Lichtenbergschule Darmstadt mit ihrem Beitrag „Nachtblind-na und!“. Dicht gefolgt vom Team „Digestive Enzymes“ aus Birmingham. Auf den dritten Platz landete das „digitale Libellenaugen“ des Gymnasium Michelstadt, das als Grundlage für ein Überwachungssystem dient.

Den Ionenantrieb der Zukunft „Magnetic Ion Engine pRototype Version α“ entwickelte die Goetheschule Neu-Isenburg und erhielt dafür den ersten Platz in der Klasse 11-13. Der zweite Platz ging an „Invasive Neophyten - können sie auch für etwas gut sein?“ von der Alexander von Humboldtschule in Viernheim. Das zweite Team von dort beschäftigte sich mit der Apotheke der Jungsteinzeit und extrahierte pharmakologisch wirksame Naturstoffe aus Baumrinden. An sie ging der dritte Platz.

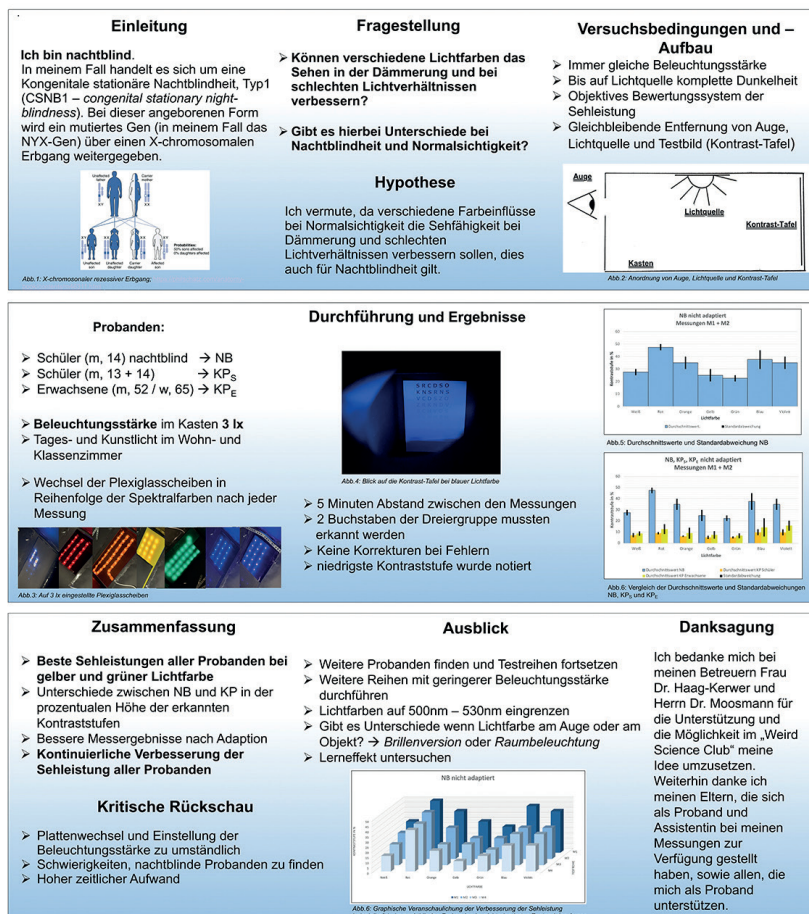
Neben der Gesamtplatzierung wurden auch dieses Jahr wieder Sonderpreise für das Experiment, den wirtschaftlichen Nutzen und das Plakat vergeben. In der Klasse 11-13 gewannen hier auf ganzer Linie die „Invasiven Neophyten“. In der Klasse 8-10 geht der Preis für den wirtschaftlichen Nutzen und das Plakat an das Team „Nachtblind-na und!“. Das Team „Investigating Capacitance“ konnte sich beim Sonderpreis für das Experiment durchsetzen.

Eine der Hauptorganisatorinnen ist Natalia Launert: „Wie jedes Jahr haben die Schülerinnen und Schüler stauenswerte Beiträge geleistet und große Anstrengungen auf sich genommen, trotz der aktuellen Situation. Als uns bewusst wurde, dass das Schülerforum in der live Version nicht stattfinden kann, haben wir verschiedene Lösungen abgewogen und schnell reagiert. Wir haben uns dazu entschieden, einen voll digitalen Wettbewerb abzuhalten.“ Schon vor einigen Jahren wurde eine digitale Bewertungssoftware eingeführt, die die Arbeit der Jury enorm erleichtert. Die Herausforderung bestand nun darin, die schriftlichen Beiträge und die Präsentationen zu organisieren. Abhilfe schaffte hier eine Daten-Cloud, in der die Schülerinnen



## Nachtblind. Na und?

Tim Walther  
Weird Science Club  
Lichtenbergschule Darmstadt



Plakat der Lichtenbergschule Darmstadt zum Beitrag „Nachtblind-na und!“

und Schüler ihre Beiträge hochladen konnten. Die Präsentationen wurden via Smartphone aufgenommen und durch die Jury bewertet. „Besonders

das Datenmanagement war dieses Jahr ein großer Zeitaufwand, dass alle Vorträge zu der Anmeldeliste eindeutig zugeordnet werden und die Bewertung

korrekt durchgeführt werden konnte“, weiß Organisator Volker Schönhoff.

**Lukas Kluy, Vorstand VDI BV FFM-Da**

## MINERVA $\alpha$ - Ionenantrieb der Zukunft

### Was ist Minerva?

Das Projekt Minerva beschäftigt sich mit einer neuen Art von Ionenantrieben. In diesem neuen Konzept soll die Lorentzkraft als Schubkraft verwendet werden. Dabei werden ionisierte Wasserstoffatome mit einem Linearbeschleuniger auf hohe Geschwindigkeiten gebracht und in einen magnetischen Spiegel geschossen. Dort wird nun ein extrem starkes Magnetfeld gezündet, welches die letztendliche Schubkraft erzeugt.

In unserem Projekt wurden zunächst zahlreiche mathematische Modelle und Simulationen entwickelt, jedoch ist ein Test mit einem vereinfachten Prototypen auch bereits vorgesehen.

### Der Prototyp

Der Prototyp weist eine minimal reduzierte Spannung von 73,4kV auf. In der momentanen Version besitzt dieser ebenfalls nur zwei Ringe, welche in ihrer Ladung nicht umpolen. Des Weiteren besitzt dieser keinen „magnetischen Spiegel“. Dies liegt daran, dass der Prototyp als „prove of concept“ dient und er somit erst im weiteren Verlauf um die anderen Stufen ergänzt wird.

### Our prototype

Our prototype is operated by a slightly reduced voltage of 73.4kV. This experimental model currently consists of two rings for the linear accelerator, though operated by DC-Voltage. Furthermore, the model does not include a „magnetic mirror“ yet. Currently the model's purpose is to work as a „prove of concept“ and therefore more details will be added in future constructions.

### What is Minerva?

Our project Minerva concerns with a new type of ion drives. This concept uses the Lorentz Force as a source of thrust. For this purpose hydrogen atoms are ionized in an ionization chamber and accelerated to maximum speeds by the linear accelerator and shot into the magnetic mirror. All these ions are kept inside this magnetic field, until an additional field is created, which finally generates a great thrust.

Currently our project has been dealing with multiple mathematical models and simulations, however, a prototype has already been constructed and an experiment planned.

### Die Schubkraft

Um ein möglichst starkes Magnetfeld zu erzeugen werden Elektromagneten verwendet. Während das innere Spulenpaar für den magnetischen Spiegel verantwortlich ist, wird beim „Zünden“ der beiden äußeren Spulen die Schubkraft erzeugt. Eine Funkenstrecke ist mit dem Spulen verbunden und so fließt beim Zünden der Funkenstrecke ein sehr starker Strom durch die Spulen, was ein extrem starkes Magnetfeld zur Folge hat. Die Spulen werden dabei mit flüssigen Wasserstoff gekühlt, damit die Induktivität der Spulen möglichst gering bleibt. So folgt eine hohe Schubkraft.

### Die Kugeln

Die beiden Kugeln bauen zum einen ein elektrisches Feld auf, jedoch wird auch eine Funkenstrecke gebildet. Das elektrische Feld sorgt für die Stoßionisation in der Ionisationskammer, während die Funkenstrecke hohe magnetische Flüssigkeiten, durch das Induzieren eines extremen elektrischen Stromes durch die Spulen, ermöglicht.

### Der Zylinderkondensator

Dieser neutralisiert die Ionen, sodass keine volle Kreisbewegung der Ionen bei der Schubkraftherzeugung möglich ist. Bei einer vollen Kreisbewegung wäre die Gesamtschubkraft gleich null, was es zu vermeiden gilt.

### Die Ionisationskammer

Durch die Stoßionisation können die Ionen hier erzeugt werden.

### Der „magnetische Spiegel“

Hier pendeln die Ionen durch die Inhomogenität des Magnetfeldes zwischen zwei Spulen, wodurch extrem viele Ionen gefangen gehalten werden und für die Schubkraft genutzt werden können.

### Der Linearbeschleuniger

Mehrere Ringe bauen mit einer Wechselspannung elektrische Felder auf, mit denen die Ionen auf extreme Geschwindigkeiten gebracht werden.

### Was ist die Lorentzkraft?

Die Lorentzkraft wirkt beim Eintreten von Ionen einer bewegten Ladung in ein Magnetfeld. Dies liegt an einem magnetischen Wirbelfeld, welches die bewegte Ladung um sich erzeugt. So ist die dichte der Magnetfeldlinien über dem Ion höher als unter diesem, weshalb eine senkrechte Kraft wirkt. Mathematisch lässt sich die Lorentzkraft ausdrücken mit:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad F = qvB \cdot \sin(\alpha)$$

Wie bereits als Kreuzprodukt formuliert, wirkt die Lorentzkraft immer orthogonal zum Geschwindigkeitsvektor und magnetischem Flusslinienvektor. Dazu existiert die Rechte-Hand-Regel, mit der man die Richtung der Lorentzkraft diskutieren kann.

### Der Cockcroft-Walton-Multiplikator

Der Cockcroft-Walton-Multiplikator erhöht die Spannung um den Faktor 11. Dies geschieht durch die Summation der einzelnen Spannungen der aufgeladenen Kondensatoren. Außerdem richtet der Cockcroft-Walton-Multiplikator die Spannung gleich.

### Der Wien-Robinson-Oszillator

Der Wien-Robinson-Oszillator ist für die Erzeugung der Wechselspannung essenziell. Hierbei wird die Oszillation von Außen angestoßen und die gewünschte Oszillationsfrequenz über ein Hoch- und Tiefpaßfilter isoliert. Die erzeugte Wechselspannung wird genutzt um mittels Transistoren die vorliegende 230V hohe Gleichspannung der Spannungsquelle in Wechselspannung umzuwandeln.

Plakat der Goetheschule Neu-Isenburg zum Beitrag „Magnetic Ion Engine pRototype Version  $\alpha$ “

## Mitgliederversammlung 2020

Liebe Mitglieder,

nach eingehender Beratung und Bewertung der aktuellen Situation der Corona-Pandemie hat der Vorstand des VDI Bezirksverein Frankfurt-Darmstadt e.V. beschlossen, die Hauptversammlung 2020 und die damit verbundenen Mitgliederempfang sowie Mitgliedererehrung ausfallen zu lassen und auf das Jahr 2021 zu verschieben. Die Ehrenurkunden werden postalisch an die entsprechenden Mitglieder versendet.

Der Vorstand trägt damit der Situation Rechnung, dass die überwiegende Mehrzahl der Teilnehmerinnen und Teilnehmer zur Hochrisikogruppe dieser Infektion gehört und folgt den Empfehlungen des Gesundheitsministeriums. Der genaue Termin und der Ort der Hauptversammlung 2021 wird in der Mitgliedzeitschrift Technik&Mensch sowie auf der Homepage [www.vdi.de/frankfurt](http://www.vdi.de/frankfurt) bekanntgegeben. Wir bedauern diese Entwicklung natürlich sehr, weil ein Verein von und mit dem Austausch seiner Mitglieder lebt.

Der Vorstand

# Technik & Mensch: Die Fachzeitschrift des VDI Bezirksvereins Frankfurt-Darmstadt e.V.



Die Technik & Mensch informiert über die aktuellen technischen Entwicklungen aus der Region unter besonderer Berücksichtigung der Menschen, die mit dieser Technik leben. Denn Ingenieurinnen und Ingenieure forschen und arbeiten nicht im luftleeren Raum sondern stehen mitten in der Gesellschaft.

Als Vereinsorgan ist die vierteljährlich erscheinende Zeitschrift mit einer Auflage von 7.000 Exemplaren ein Spiegel der Arbeit und der Ergebnisse im VDI Bezirksverein. Unsere 5.000 Mitglieder und unsere fördernden Unternehmen, die Mitglieder der Hessischen Landesregierung und die Verbände sowie Hochschulen in unserer Region erhalten die Zeitschrift druckfrisch per Post.

Expertinnen und Experten diskutieren und bewerten aktuelle Entwicklungen der Technik. Es werden unter anderem folgende Themen kontrovers debattiert:

- Mobilität
- Zukunft der Produktion
- Künstliche Intelligenz
- Smart City
- Industrie 4.0
- Nachhaltigkeit
- Technikbildung und mehr

## **Technik & Mensch interaktiv: Zeitschrift weitergedacht**

Die Themen der jeweiligen Ausgabe werden im Spannungsfeld zwischen Technik und Gesellschaft in unseren vierteljährlichen Stammtischen des Bezirksvereins diskutiert. Diese werden von Expert\*innen geleitet und finden wechselseitig in Frankfurt und Darmstadt statt. Mit durchschnittlich 50 Teilnehmer\*innen werden die Inhalte der Technik und Mensch mit interaktiven Beiträgen untermauert, sodass eine offene Diskussion entsteht. Ein Beispiel ist das Thema „Mobilität“, bei dem ein reger Austausch über die Vor- und Nachteile des hochautomatisierten

Fahrens und der Stand der Technik diskutiert wurde - mit der Fragestellung, wie wir den Verkehr verringern und die Zukunft der Mobilität aktiv mitgestalten können. Wir hoffen, dass wir diese Aktivitäten unter der Berücksichtigung der Corona-Pandemie in Zukunft wieder aufnehmen können und wir informieren, wenn dies geplant ist.

Sie haben einen interessanten Artikel geschrieben oder ein spannendes Thema, über das es zu berichten gilt? Sehr gerne nehmen wir Ihre Beiträge an und freuen uns auf Ihre aktive Mitarbeit! Besuchen Sie uns über [www.vdi.de/frankfurt](http://www.vdi.de/frankfurt) ---> Technik und Mensch oder kontaktieren Sie uns via [office@vdi-frankfurt.de](mailto:office@vdi-frankfurt.de).

**M.Sc. Lukas Kluy**  
**Dipl.-Ing. Tatiana Friedel**  
**Dipl.-Geogr. Natalia Launert**  
 Redaktion Technik und Mensch



# Pionier, Demokrat und Rekordhalter

**Simon Schiele, dessen Todestag sich am 15. Juli 2020 zum 125. Mal gejährt hat, war ein Mann mit vielen Facetten. Er hat nicht nur durch den Bau zahlreicher Gaswerke seine Mitmenschen im wahrsten Sinne des Wortes erleuchtet, er war auch politisch engagiert und Rekordhalter unter den VDI-Vorsitzenden, was die Anzahl der Amtszeiten anbelangt.**

Johann Simon Schiele kam am 21. Juni 1822 in Frankfurt am Main als eines von neun Kindern des Gasunternehmers Johann Georg Remigius Schiele (geboren am 19.01.1795 in Frankfurt a.M., gestorben am 15.02.1861 ebenda) zur Welt. Er studierte in der Schweiz, nachdem er in seiner Heimatstadt das Gymnasium besucht hatte. Im Anschluss an sein Studium absolvierte er eine praktische Ausbildung im Unternehmen seines Vaters. Bereits zu diesem Zeitpunkt befasste er sich mit der Planung von Gaswerken. Vor diesem Hintergrund wundert es nicht, dass Schiele, obwohl sein 30. Geburtstag noch nicht in Sichtweite war, bereits in den Jahren 1849 und 1850 den Umbau des Gaswerkes in Hanau leitete. Beim Gaswerk in Krefeld, dessen Direktor er 1854 wurde, war Schiele nicht nur für die Bauleitung zuständig, auch der Entwurf stammte aus seiner Feder.

Es muss für Simon Schiele eine freudige Nachricht gewesen sein, als die Frankfurter Gasgesellschaft 1860 einen Wettbewerb für den Entwurf eines neuen Werkes auslobte. Schiele gewann diesen Wettbewerb und kehrte in der Folge 1861 in seine Geburtsstadt zurück, um das Gaswerk an der Gutleutstraße zu erbauen und die Leitung der Frankfurter Gasgesellschaft zu übernehmen.

In dieser Rolle beschäftigte sich Schiele insbesondere mit den unterschiedlichen Gasqualitäten und ihrer wirtschaftlichen Bewertung. Da das aus Öl oder Kohle erzeugte Gas überwiegend zu Beleuchtungszwecken eingesetzt wurde, machte er sich dafür stark, nicht die Größe der erzeugten Flamme, sondern deren Leuchtkraft als Maßstab für die Gasqualität zu nehmen. Es verwundert daher nicht, dass Schiele 1868 den Vorsitz einer Lichtmesskommission übernahm und zahlreiche Aufsätze zur Verbesserung der Leuchtkraft von Gasen veröffentlichte. Woher der dreifache Familienvater Simon

Schiele die Zeit nahm, auch politisch aktiv zu sein, wird wohl ein Geheimnis bleiben müssen. Auf jeden Fall gehörte er in den Revolutionsjahren 1848/49 der „Constituierenden Versammlung der Freien Stadt Frankfurt“ an. Von 1862 bis 1866 war er Mitglied des „Gesetzgebenden Körpers“, dem damaligen Verfassungsorgan der freien Stadt Frankfurt. Diese Mitgliedschaft endete mit der Annexion Frankfurts durch Preußen im Oktober 1866.

Was seine Rolle beim VDI anbelangt, war Schiele zwar nicht ein Mann der ersten Stunde, aber doch des ersten Jahres. Sein Eintritt als 297. Mitglied in den ein Jahr zuvor gegründeten VDI wurde in der Ausgabe Juni 1857 der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure vermerkt. Obwohl gebürtiger Frankfurter, wurde Schiele dem Niederrheinischen Bezirksverein zugeordnet, da er zu dieser Zeit in Krefeld aktiv war. Er muss seine neuen Vereinskameraden sehr beeindruckt haben, denn schon im darauffolgenden Jahr wählte man ihn auf der VDI-Hauptversammlung in Köln für das Jahr 1859 zum neuen Vorsitzenden. Dass daraus eine zweijährige Amtszeit wurde, war den „kriegerischen Zeitverhältnissen“ (so Theodor Peters, der VDI-Chronist der ersten 50 Jahre) geschuldet, da die nachfolgende Hauptversammlung ausfiel. Erneut gewählt wurde Schiele auf den Hauptversammlungen 1861, 1863, 1869 und 1875, sodass er mehrere Male der Nachfolger seines Nachfolgers wurde. Ebenso wie seine erste Amtszeit war die auf die Wahl von 1869 folgende zweijährig, da die Hauptversammlung 1870 wegen des Deutsch-Französischen Krieges ausfiel. Damit kommt er auf fünf Amtszeiten mit insgesamt sieben Dienstjahren. So oft wie Simon Schiele wurde niemand mehr sonst zum VDI-Vorsitzenden bzw. Präsidenten gewählt. Ein Grund mehr, ihm die Ehrenmitgliedschaft zuteilwerden zu lassen, wie es 1890 (nach anderen Angaben 1889)

geschehen ist. Der Verein von Gas- und Wasserfachmännern, Vorläufer des heutigen DVGW, ehrte ihn als seinen langjährigen Vorsitzenden in gleicher Weise im Jahre 1892.

Simon Schiele starb am 15. Juli 1895 im Alter von 73 Jahren an den Folgen einer Lungenentzündung in seiner Geburtsstadt und wurde zwei Tage später auf dem Frankfurter Hauptfriedhof (Gewann J, Grabmal Nr. 123) bestattet. Frankfurt am Main verlor mit ihm einen großen Sohn, dem ein bleibendes Denkmal jedoch versagt geblieben ist. Die Schielestraße, die Bestandteil des Namensgebietes „Industrie-Erfinder-Ostend“ ist, wurde per Magistratsbeschluss Nr. 172 vom 15. April 1910 nicht nach Simon, sondern nach dessen Vater Johann Georg Remigius Schiele benannt. Ebenso wie das Grab seines Vaters ist das Grab Simon Schieles nicht mehr erhalten.

**Dr.-Ing. Christoph Sager, VDI**



**v.l.n.r. sitzend Robert Rudolf Werner, Simon Schiele (mit den breiten Koteletten und einer Hand auf dem Tisch), Franz Grashof, Richard Peters und L. Schmelzer, stehend H. C. A. Ludewig, Ewald Dittmar und Louis Duske. Bis auf Herrn Ludewig sind die abgebildeten Herren Mitglieder des VDI-Vorstands 1866/67.**



## IMPRESSUM

### HERAUSGEBER

Verein Deutscher Ingenieure  
Bezirksverein Frankfurt-Darmstadt e.V.  
Bernusstraße 19  
60487 Frankfurt am Main  
Tel.: 069 / 79 53 97 90  
[www.vdi-frankfurt.de](http://www.vdi-frankfurt.de)

### REDAKTION

Lukas Kluy  
Tatiana Friedel  
Natalia Launert  
[www.vdi-frankfurt.de](http://www.vdi-frankfurt.de)  
[office@vdi-frankfurt.de](mailto:office@vdi-frankfurt.de)

### LAYOUT & SATZ

Verein Deutscher Ingenieure  
Bezirksverein Frankfurt-Darmstadt e.V.  
Bernusstraße 19  
60487 Frankfurt am Main  
Tel.: 069 / 79 53 97 90  
[www.vdi-frankfurt.de](http://www.vdi-frankfurt.de)

### DRUCK

AWG Druck GmbH  
Limburger Strasse 26  
65594 Runkel  
Tel.: 06482 / 91 39 0  
[www.awg-druck.de](http://www.awg-druck.de)

### URHEBERRECHT

Der Herausgeber haftet nicht für unverlangt eingesandte Manuskripte und Fotos.

Alle Rechte vorbehalten.

Insbesondere bedürfen Nachdruck, Aufnahme in Online-Dienste und Internet und Vervielfältigung auf Datenträger vorheriger schriftlicher Zustimmung des Herausgebers.

Der Bezugspreis ist für VDI-Mitglieder durch den Mitgliedsbeitrag abgegolten.

Erscheinungszeitraum: 1/4jährlich

**ISSN: 1611-5546**